

## BASES AZOTÉES, NUCLÉOSIDES ET NUCLÉOTIDES

Les acides nucléiques (ADN et ARN) sont, comme les protéines, des **macromolécules** essentielles à la vie et au bon fonctionnement des organismes.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### 1. LES BASES AZOTÉES PRÉSENTES DANS LES ACIDES NUCLÉIQUES

Deux sortes de bases azotées entre dans la constitution des acides nucléiques :

- ✓ .....
- ✓ .....

#### 1.1. LES BASES AZOTÉES PYRIMIDIQUES

Les bases pyrimidiques sont des dérivés du noyau pyrimidine qui est un hétérocycle à six atomes, dont deux atomes d'azote, numérotés de 1 à 6.

Les bases pyrimidiques présentes dans les acides nucléiques sont :

- ✓ 1-hydro-4-amino-2-oxypyrimidine, ou .....

✓ 1,3-dihydro-2,4-dioxypyrimidine, ou .....

✓ 1,3-dihydro-5-méthyl-2,4-dioxypyrimidine, ou .....

.....  
.....  
.....

## **1.2. LES BASES AZOTÉES PURIQUES**

Les bases puriques sont des dérivés du **noyau purine** qui est un **noyau bicyclique** résultant de la **fusion de deux cycles : celui de la pyrimidine avec le cycle imidazole à cinq atomes** (présent également dans le tryptophane). Ce noyau purine contient neuf atomes numérotés de 1 à 9.

Les bases puriques présentes dans les acides nucléiques sont :

✓ 9-hydro-6-aminopurine, ou .....

- ✓ 1,9-dihydro-2-amino-6-oxopurine, ou .....

Le noyau purique de ces bases azotées n'est pas rigoureusement plan : il existe une « pliure » entre les deux cycles.

.....

#### **1.4. LES PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DES BASES AZOTÉES**

Les formules chimiques des bases azotées présentes dans les acides nucléiques indiquent :

- .....
- .....

##### **1.4.1. LE CARACTÈRE ACIDO-BASIQUE DES BASES AZOTÉES**

.....  
.....  
.....

##### **États d'ionisation de la cytosine (C)**

##### **États d'ionisation de l'uracile (U) ou de la thymine (T)**

### États d'ionisation de l'adénine (A)

### États d'ionisation de la guanine (G)

.....  
.....  
Mais ces bases azotées peuvent porter des charges – ou + aux pH extrêmes.

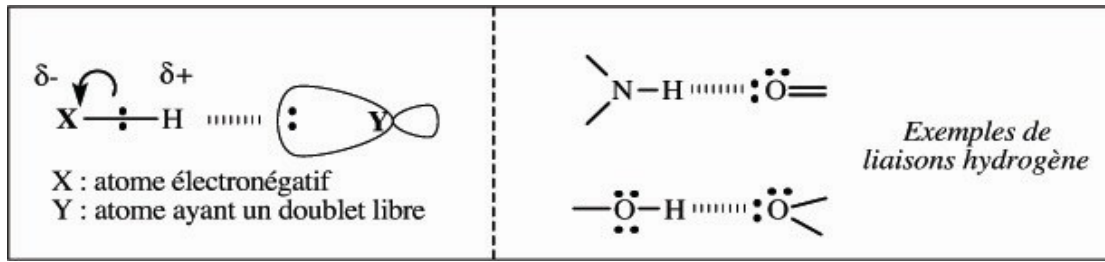
#### **1.4.2. LA SOLUBILITÉ DES BASES AZOTÉES**

.....  
.....  
La deuxième conséquence de l'hydrophobicité est que les plans des noyaux des bases azotées ont tendance à s'empiler les uns sur les autres : les noyaux repoussent l'eau par effet hydrophobe.

#### **1.4.3. L'ÉTABLISSEMENT DE LIAISONS HYDROGÈNE**

##### **Liaison hydrogène :**

**Les liaisons hydrogènes sont des interactions faibles qui résultent de l'attraction électrostatique entre un atome électronégatif ayant un doublet électronique libre (en général O ou N) et un atome d'hydrogène lié par une liaison covalente à un autre atome électronégatif qui polarise cette liaison.**

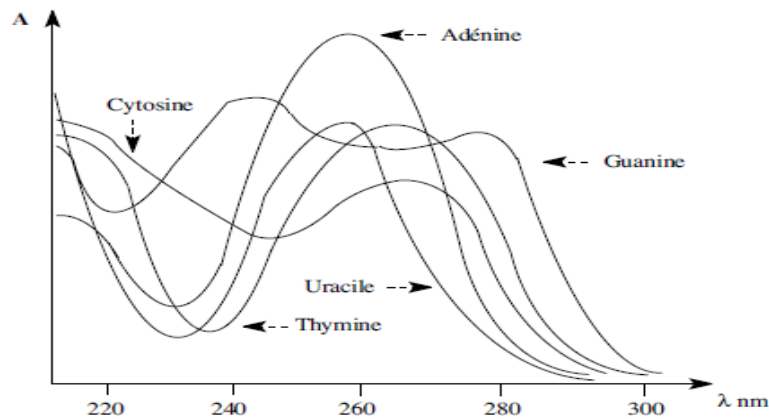


Cette propriété est importante dans les appariements et la complémentarité des bases azotées :

- ✓ .....
- ✓ .....

### 1.4.4. L'ABSORPTION DANS L'UV DES BASES AZOTÉES

La réalisation d'un spectre d'absorption pour chacune des bases azotées présentes dans les acide nucléiques donne le graphe suivant :



Déterminer la longueur d'onde  $\lambda_{\text{max}}$  pour laquelle l'absorption est maximale pour chacune des bases azotées.

Remarque :

Les protéines absorbent les UV dans la zone de  $\lambda = 280 \text{ nm}$ . Les préparations d'acides nucléiques sont fréquemment contaminées par des protéines.

La mesure du rapport d'absorption  $A_{260}/A_{280}$  est un critère de pureté lors des purifications d'acides nucléiques.

.....

## 2. LES NUCLÉOSIDES

.....  
.....  
.....

### 2.1. LES PENTOSE IMPLIQUÉS DANS LA FORMATION DE NUCLÉOSIDES

.....  
.....

Dans le cas des acides ribonucléiques (ARN), on a le .....

- .....
- .....
- .....

Dans le cas de l'acide désoxyribonucléiques (ADN), on a le .....

Le 2'-désoxy-β-D-ribofuranose n'a **pas de groupement hydroxyle au niveau du carbone C2'**.

### 2.2. LA LIAISON N-GLYCOSIDIQUE ENTRE UNE BASE AZOTÉE ET UN PENTOSE

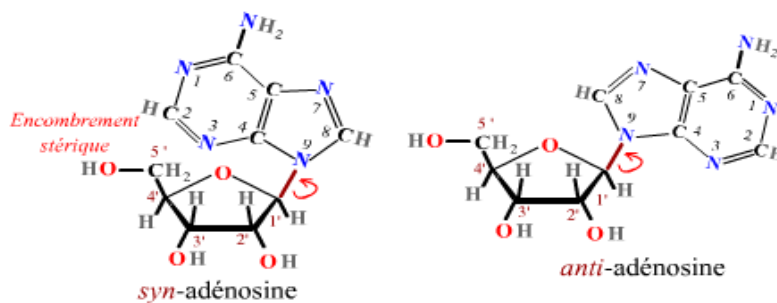
.....  
.....  
.....  
.....

.....  
 .....  
**Exemple de la formation d'une liaison N-glycosidique entre un ribose et une adénine (base purique) :**

.....  
 Le plan de la base azotée peut tourner autour de la liaison et conduire à deux conformations limites : une conformation dite *syn* et une conformation *anti*.

La forme la plus compacte est la forme *syn*.

Exemples : *syn*-adénosine et *anti*-adénosine.



Les bases puriques peuvent adopter les deux conformations, mais pour les pyrimidines la conformation *anti* est favorisée à cause de l'encombrement stérique dû aux groupes  $-CH_2OH$  du pentose et  $-C=O$  de la base azotée.

### **2.3. LA NOMENCLATURE DES NUCLÉOSIDES**

Pour nommer les nucléosides, on utilise :

- .....
- .....

BASES AZOTÉES		RIBONUCLÉOSIDES		DÉSOXYRIBONUCLÉOSIDES	
NOM	SYMBOLE	NOM	SYMBOLE	NOM	SYMBOLE
Adénine					
Guanine					
Cytosine					
Thymine					
Uracile					

### 2.4. LES PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DES NUCLÉOSIDES

- ✓ .....
- ✓ .....
- ✓ .....
- ✓ **La sensibilité de la liaison N-glycosidique des nucléosides à l'hydrolyse acide dépend de la base azotée** : les nucléosides puriques sont facilement hydrolysables alors que les pyrimidiques ne sont hydrolysés que par un traitement par un acide concentré pendant un temps long.
- ✓ **La liaison avec le désoxyribose est plus labile qu'avec le ribose**. Dans la réaction de Feulgen, le désoxyribose est libérée donnant une réaction positive (mise en évidence de l'ADN).

### 3. LES NUCLÉOTIDES

.....

.....

.....

.....

La plupart des nucléotides cellulaires (et ceux qui nous intéressent en biologie moléculaire) **portent un ou des groupement phosphates sur l'atome de carbone C5' du pentose du nucléoside.**

#### 3.1. L'ACIDE PHOSPHORIQUE

L'acide phosphorique a pour formule brute **H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>**.



L'acide phosphorique est un **triacide possédant trois acidités très différentes** caractérisées par leur constante d'acidité, notée  $pK_a$  :

.....  
.....

### **3.2. LES NUCLÉOTIDES MONOPHOSPHATES (NMP)**

.....  
.....  
.....

Exemple : l'adénosine-5'-monophosphate

.....  
.....

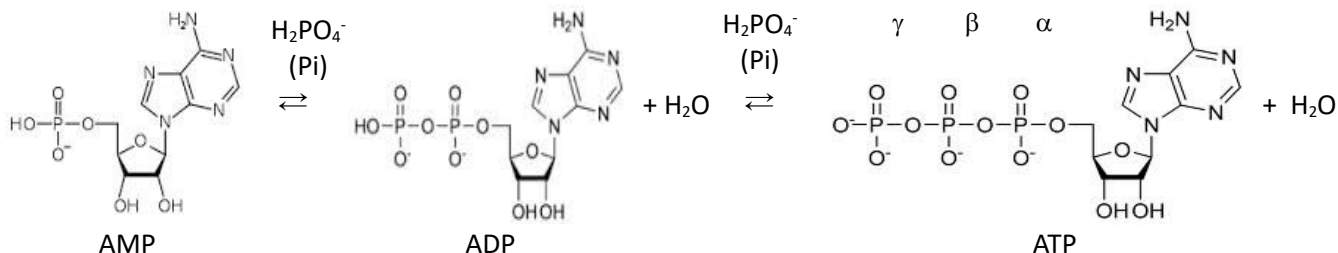
Les  $pK_a$  du groupe phosphoryle lié sont plus faibles que ceux de l'acide phosphorique.

.....

**Les nucléotides monophosphates composent les acides nucléiques.**

### 3.3. LES NUCLÉOTIDES DI ET TRIPHOSPHATES (NDP ET NTP)

Exemples : l'adénosine-5'-diphosphate et l'adénosine-5'-triphosphate



### 3.4. LA NOMENCLATURE DES NUCLÉOTIDES

NOM DU RIBONUCLÉOSIDE	NOMBRE DE GROUPEMENTS PHOSPHATE	NOM DU RIBONUCLÉOTIDE	SYMBOLES
Adénosine	1	Adénosine-5'-monophosphate	AMP    Ado5' P
	2	Adénosine-5'-diphosphate	ADP    Ado5' PP
	3	Adénosine-5'-triphosphate	ATP    Ado5' PPP
Guanosine	1	Guanosine-5'-monophosphate	GMP    Guo5' P
	2	Guanosine-5'-diphosphate	GDP    Guo5' PP
	3	Guanosine-5'-triphosphate	GTP    Guo5' PPP
Cytidine	1	Cytidine-5'-monophosphate	CMP    Cyd5' P
	2	Cytidine-5'-diphosphate	CDP    Cyd5' PP
	3	Cytidine-5'-triphosphate	CTP    Cyd5' PPP
Ribosylthymidine	1	Thymidine-5'-monophosphate	TMP    Thd5' P
	2	Thymidine-5'-diphosphate	TDP    Thd5' PP
	3	Thymidine-5'-triphosphate	TTP    Thd5' PPP
Uridine	1	Uridine-5'-monophosphate	UMP    Urd5' P
	2	Uridine-5'-diphosphate	UDP    Urd5' PP
	3	Uridine-5'-triphosphate	UTP    Urd5' PPP

NOM DU DÉSOXYRIBONUCLÉOSIDE	NOMBRE DE GROUPEMENTS PHOSPHATE	NOM DU DÉSOXYRIBONUCLÉOTIDE	SYMBOLES	
2'-désoxy-adénosine	1	Désoxyadénosine-5'-monophosphate	dAMP	dAdo5' P
	2	Désoxyadénosine-5'-diphosphate	dADP	dAdo5' PP
	3	Désoxyadénosine-5'-triphosphate	dATP	dAdo5' PPP
2'-désoxy-guanosine	1	Désoxyguanosine-5'-monophosphate	dGMP	dGuo5' P
	2	Désoxyguanosine-5'-diphosphate	dGDP	dGuo5' PP
	3	Désoxyguanosine-5'-triphosphate	dGTP	dGuo5' PPP
2'-désoxy-cytidine	1	Désoxycytidine-5'-monophosphate	dCMP	dCyd5' P
	2	Désoxycytidine-5'-diphosphate	dCDP	dCyd5' PP
	3	Désoxycytidine-5'-triphosphate	dCTP	dCyd5' PPP
(2'-désoxy)thymidine	1	Désoxythymidine-5'-monophosphate	dTMP	dThd5' P
	2	Désoxythymidine-5'-diphosphate	dTDP	dThd5' PP
	3	Désoxythymidine-5'-triphosphate	dTTP	dThd5' PPP
2'-désoxy-uridine	1	Désoxyuridine-5'-monophosphate	dUMP	dUrd5' P
	2	Désoxyuridine-5'-diphosphate	dUDP	dUrd5' PP
	3	Désoxyuridine-5'-triphosphate	dUTP	dUrd5' PPP

### 3.5. LES PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DES NUCLÉOTIDES

- ✓ .....
- ✓ .....
- ✓ Les anions phosphates des NDP ou NTP forment des complexes stables avec des cations divalents comme Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup>. L'association avec Mg<sup>2+</sup> tempore les répulsions électrostatiques entre les charges négatives portées par les groupements phosphoryles.
- ✓ .....
- ✓ .....

#### **4. LES ACIDES NUCLÉIQUES : DES POLYNUCLÉOTIDES**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Il se forme alors un enchaînement de type 5'-3'-5'-3'-... conduisant à des dinucléotides, trinucléotides, ..., oligonucléotides,... puis des polynucléotides.

.....

.....

.....

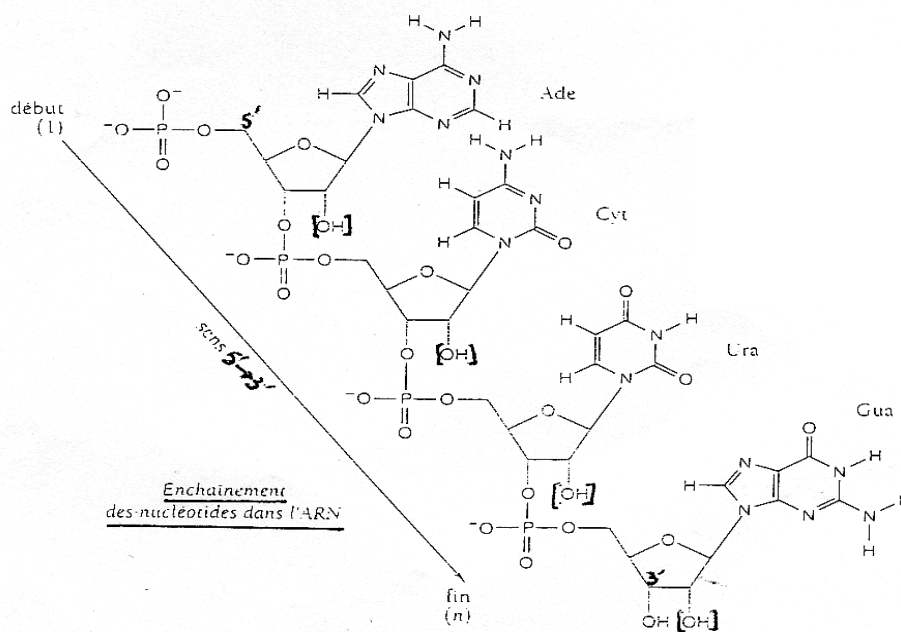
.....

.....

.....

.....

C'est le sens dans lequel les séquences d'acides nucléiques sont utilisées comme molécules informationnelles (transcription, traduction).



L'usage a consacré des représentations simplifiées d'un polymère à l'aide d'abréviations ou sigles suivants :

– pour les ribonucléotides 5'-monophosphates (NMP) :

– pour les desoxyribonucléotides 5'-monophosphates (dNMP) :

Un polymère de type ADN peut donc s'écrire :

ou :

ou :

ou :